

異なる溶液中のストロンチウムに対する 2 種の吸着材の吸着特性に関する研究

香川大学 学生会員 ○柴田慶一郎 フェロー 吉田秀典
正会員 末永慶寛, 松本直通

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震を端緒として、東京電力福島第一原子力発電所で発生した事故が原因で大量の放射性物質が放出された。放射性物質は広く拡散しており、水圏環境、つまり河川、湖沼あるいは海洋も例外ではない。また、放射性物質が広く拡散することによる汚染に加え、原発建屋下を流れる地下水の汚染も深刻さを増している。表 1 に、原発建屋下を流れる地下水に含まれる ^{137}Cs 、ベータ線の分析結果（東京電力株式会社）を示した。測定箇所は、建屋 1 号機周辺 6 箇所、2 号機周辺 10 箇所、3 号機周辺 9 箇所、そして 4 号機周辺 5 箇所であり、表 1 にはそれぞれの平均値を示した。いずれの箇所においても、 ^{137}Cs の濃度よりベータ線核種の濃度の方が高く、ベータ線核種による地下水の汚染が深刻であることが分かる。ベータ線を放出する放射性物質とし ^{214}Pb 、 ^{131}I や ^{90}Sr が挙げられ、中でも、半減期の長さを加味すると ^{90}Sr による汚染が深刻であると推察される。さらに、 ^{90}Sr は生体内に取り込まれた場合、骨に吸着され、一度吸着されると排出されにくい。このような特性から、 ^{90}Sr の汚染水からの除去が急がれる。このような地下水の汚染は、原子力燃料を冷却するために投入された大量の水が原子炉建屋外に漏出していることによるもので、漏洩汚染水と地下水が交わることで、現在も大量に汚染水が発生かつ増加している。燃料デブリの全てを回収し、かつ、発電所が廃炉になるまで汚染水は増加を続ける。それに加えて、原子力発電所が海岸線に立地していることから、汚染水には様々な金属や鉱物が混じる。複雑、かつ、長期的な放射性物質の除去に当たっては、低コストで大量生産可能な吸着材が求められる。そこで本研究では、半減期が長く骨に吸着される性質をもつ Sr に着目し、それが淡水あるいは海水に含まれることも念頭に、どのような吸着材が効果的に Sr を吸着し、また、水溶液に含まれる何が吸着の阻害になるかについて検討することとした。

表 1 建屋周辺の地下水に対する分析結果（平均値）

	セシウム 137 (Bq/L)	ベータ線核種 (Bq/L)
1 号機建屋周辺	5.50	28.17
2 号機建屋周辺	2931.79	92590.00
3 号機建屋周辺	4.30	7585.11
4 号機建屋周辺	24.90	1146.60

2. 吸着材

本研究では、2 種類の吸着材（ゼオライト、ヒドロキシアパタイト（以降 HAp と称する））を用いて両者の性能を比較した。ゼオライトは、粘土鉱物の一種で陰イオン性の骨格からなるアルカリ、または、アルカリ土類金属を含む含水アルミのケイ酸塩である。高い陽イオン交換特性を持ち、かつ、安価であることから吸着材として選択した（写真 1 左参照）。また、 HAp は、天然には骨や歯の主成分として存在する水酸化リン酸カルシウムである（写真 1 右参照）。漁港などで大量に廃棄される魚骨を煮沸、焼成することによって製造されることから、低コストであり、かつ、大量生産が可能である。

3. 実験と分析手法

実験は淡水や海水環境を想定し、蒸留水と 3%濃度の塩化ナトリウム溶液をそれぞれ用いた。さらに、様々な金属や鉱物を含むことが予想される汚染地下水を想定し、塩化カリウム、塩化マグネシウム、酢酸ナトリウム



写真 1 ゼオライト（左）とヒドロキシアパタイト（右）

と硝酸ナトリウム溶液も用意した。それぞれの濃度は塩化ナトリウムの濃度に準じて 3%とした。まず、溶液 300mL を円筒容器に投入し、1mg/ml に調整されたストロンチウム標準液 5mg を添加する。次に、台所で用いられる水切りネットに吸着材を入れて溶液に沈下させる。それぞれの吸着材の質量は、HAp が 6.0~7.0g (1 個当たり 0.6g~0.7g を 10 個)、それに準じて、ゼオライトは 6.0g とした。その後、一定期間の浸漬を行い、吸着材を取り出す。実験後の溶液中の Sr の残存量を ICP 発光分光分析装置 (ICP-AES) にて分析することで吸着材の吸着性能について検討する。

4. 実験結果

ゼオライトを用いた際の各溶液中の Sr の残存率 (=残存量/投入量×100) を図 1 に、HAp を用いた場合を図 2 にそれぞれ示す。グラフの縦軸は Sr の残存率、横軸は浸漬時間を表す。

ゼオライトを用いた場合、蒸留水中の Sr の残存率は浸漬開始から 72 時間後に 50%まで減少するが、それ以降の変化はほとんどないことが分かった。また、蒸留水以外の 4 種類の溶液を用いた場合では、Sr の残存率はおよそ 80%に留まり、時間経過による変化も見られなかった。これらの実験結果から、ゼオライトは溶液中の Sr に対する吸着材に適していないことが明らかになった。

次に、HAp を用いた場合、浸漬時間が長くなるにつれ、6 種類全ての溶液中の Sr が減少した。特に、蒸留水、塩化ナトリウム溶液、塩化カリウム溶液を用いた場合の Sr の残存率はほぼ 0%になった。HAp は Sr に対して優れた吸着効果を持つ吸着材であることが確認された一方で、塩化マグネシウムを用いると、168 時間後、添加量に対して 30%の Sr が残存することが判明した。これは Sr と同じ 2 価の陽イオンである Mg が影響しているものと思われる。今後、溶液中の Mg の含有量を変化させるなどして、その影響をさらに精査する必要がある。

5. まとめ

本研究では、様々な鉱物等を含む水圏環境にて溶解している Sr を効率的に除去すべく、2 種類の吸着材を用いて異なる溶液に溶解した Sr に対する吸着実験を行った。その結果、HAp が溶液中の Sr に対して高い吸着効果を持ち、また、HAp は溶液中に Na や K が含まれていても、優先的に Sr を吸着することが判明した。他方で、Mg と Sr は、吸着時に多少競合することも明らかになった。実地での応用を考えた際に、例えば Mg のような鉱物や金属物質以外にも、pH、温度、水流などが Sr の吸着に影響を及ぼす可能性が考えられる。今後は、それらの影響因子も考慮した実験を行い、より詳しく Sr に対する HAp の吸着性能について調査すると共に、実地での応用に繋げたい。

参考文献

- 1) 三村均, 山岸功, 秋葉健一: ゼオライトによる放射性セシウムとストロンチウムの除去, 日本化学会誌, Vol. 1989, No. 3, pp. 621-627, 1989.

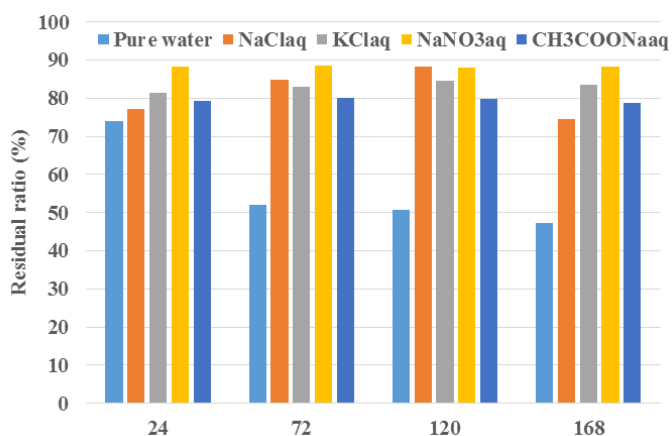


図 1 各溶液中の Sr の残存率 (ゼオライト)

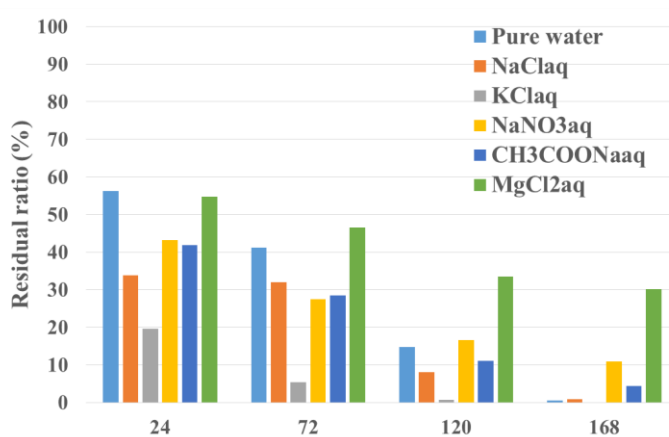


図 2 各溶液中の Sr の残存率 (HAp)